

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-95063

(43)公開日 平成8年(1996)4月12日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F	1/1337	5 1 0		
	1/136	5 0 0		

審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平6-256073

(22)出願日 平成6年(1994)9月27日

(71)出願人 000001443

カシオ計算機株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目6番1号

(72)発明者 下牧 伸一

東京都八王子市石川町2951番地の5 カシ
オ計算機株式会社八王子研究所内

(72)発明者 坂本 克仁

東京都八王子市石川町2951番地の5 カシ
オ計算機株式会社八王子研究所内

(72)発明者 吉田 哲志

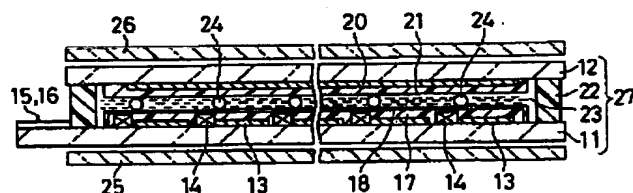
東京都八王子市石川町2951番地の5 カシ
オ計算機株式会社八王子研究所内

(54)【発明の名称】 液晶表示素子

(57)【要約】 (修正有)

【目的】 液晶を乱れの少ない良好な状態に配向させることができる液晶表示素子を提供する。

【構成】 液晶表示素子は、TFT基板11と、TFT基板11にマトリクス状に配置されたTFT14と、画素電極13と、アクティブ素子の上に形成された平坦化膜17と、平坦化膜17の上に形成された配向膜18と、対向基板12と、対向基板12に形成された対向電極20と、対向電極20上に形成された配向膜21と、螺旋構造を有して封入された液晶23と、とより形成される。配向膜18の表面の凸凹による表面の最大傾斜角 ϕ は液晶分子の螺旋構造のコーン角 θ よりも小さく形成されている。



(2)

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】それぞれに電極が形成され、対向して配置された一対の基板と、
前記一対の基板の電極上に形成され、その表面に凸凹を有して形成された配向膜と、
前記配向膜間に封止され、螺旋構造を有して前記配向膜間に封止されたカイラルスメクティック相の液晶と、を備え、
前記配向膜は、前記螺旋構造の螺旋の軸に対する表面の最大傾斜角が、前記螺旋の軸と液晶分子のダイレクタの成す角度よりも小さく成るように形成されている、ことを特徴とする液晶表示素子。

【請求項2】第1の基板と、
前記第1の基板にマトリクス状に配置されたアクティブ素子と、
対応する前記アクティブ素子に接続された画素電極と、
前記アクティブ素子及び前記画素電極の上に形成され、表面に前記アクティブ素子に応じた凸凹が形成された平坦化膜と、
前記平坦化膜の上に形成され、前記平坦化膜の表面の凸凹に応じた凸凹が表面に形成された第1の配向膜と、
前記第1の基板に対向して配置された第2の基板と、
前記第2の基板の前記第1の基板に対向する面に形成され、前記画素電極に対向する対向電極と、
前記対向電極上に形成された第2の配向膜と、
前記第1と第2の配向膜の間に、螺旋構造を有して封入された液晶と、とより形成され、
前記第1の配向膜の表面の凸凹による該表面の最大傾斜角は、前記螺旋構造の螺旋の軸と液晶分子のダイレクタの成す角度よりも小さく形成されている、ことを特徴とする液晶表示素子。

【請求項3】前記アクティブ素子は、複数の層が積層されて形成され、前記複数の層の少なくとも1つは端部がテーパエッチングされていることを特徴とする請求項2に記載の液晶表示素子。

【請求項4】前記液晶は、電圧の印加に応じてカイラルスメクティック相の液晶分子の螺旋構造が歪む強誘電性を有する液晶材料から構成されていることを特徴とする請求項1、2又は3に記載の液晶表示素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は液晶表示素子に関し、特に、配向の乱れの少なく、製造が容易なアクティブマトリクス型液晶表示素子に関する。

【0002】

【従来の技術】図11は従来のアクティブマトリクス方式の強誘電性液晶表示素子の一部を示す。図示するように、この液晶表示素子は、TFT基板1と、TFT基板1に対向して配置された対向基板2と、TFT基板1と対向基板2との間に封止された強誘電性液晶3と、これ

2

らを挟んで配置された偏光板4、5と、より構成される。

【0003】TFT基板1には、画素電極6とTFT（薄膜トランジスタ）7とがマトリクス状に配列されて形成されている。対向基板2には、画素電極6と対向する対向電極8が形成されている。

【0004】TFT基板1と対向基板2にはそれぞれ配向膜9、10が形成されており、配向膜9、10の対向面にはラビング等の配向処理が施されている。このような構成の強誘電性液晶表示素子は、通常使用されているTN液晶表示素子等と比較して、高速応答性を有し、視野角が広いという特徴を有する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】図11の構成においては、TFT7が厚いため、配向膜9の強誘電性液晶3に接する面にTFT7に対応する凸部が形成される。凸部の近傍の強誘電性液晶の液晶分子はこの凸状の配向膜9の表面を基準として配向する。このため、凸部の近傍において強誘電性液晶3の配向状態が乱れてしまう。凸部付近での配向の乱れは、その周囲の液晶の配向にも波及する。このため、強誘電性液晶3の配向構造に欠陥ができ、これが表示むらやコントラスト低下の原因となる。特に、強誘電性液晶の場合、液晶がスメクティック相の層構造を有しており、配向の乱れにより、層構造自体に欠陥が生じ、表示むらやコントラスト低下の原因となる虞がある。

【0006】このような問題を解決するため、TFT7及び画素電極6と配向膜9との間に配向膜9と強誘電性液晶3との界面を平坦化するための膜（平坦化膜）を形成することも行われている。しかし、平坦化膜自体にTFT7の形状に応じた凸凹が生ずるため、配向膜9の表面をほぼ平坦にするためには、非常に厚い平坦化膜が必要となってしまう。また、画素電極6の上に厚い平坦化膜が形成されるため、画素電極6と強誘電性液晶3との間隔が広くなり、平坦化膜での電圧降下により、強誘電性液晶3に印加される電圧が相対的に小さくなり、駆動電圧が高くなってしまう。

【0007】この発明は、上記実状に鑑みてなされたもので、強誘電性液晶を乱れの少ない良好な状態に配向させることができる液晶表示素子を提供することを目的とする。また、この発明は、低電圧で液晶を駆動することができる液晶表示素子を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、この発明の液晶表示素子は、第1の基板と、前記第1の基板にマトリクス状に配置されたアクティブ素子と、対応する前記アクティブ素子に接続された画素電極と、前記アクティブ素子及び前記画素電極の上に形成され、表面に前記アクティブ素子に応じた凸凹が形成された平坦化膜と、前記平坦化膜の上に形成され、前記平坦

(3)

3

化膜の表面の凸凹に応じた凸凹が表面に形成された第1の配向膜と、前記第1の基板に対向して配置された第2の基板と、前記第2の基板の前記第1の基板に対向する面に形成され、前記画素電極に対向する対向電極と、前記対向電極上に形成された第2の配向膜と、前記第1と第2の配向膜の間に、螺旋構造を有して封入された液晶と、とより形成され、前記第1の配向膜の表面の凸凹による該表面の最大傾斜角は、前記螺旋構造の螺旋の軸と液晶分子のダイレクタの成す角度よりも小さく形成されている、ことを特徴とする。

【0009】

【作用】この発明の構成によれば、液晶が螺旋構造を維持したスメクティック相である液晶表示素子において、凸凹の大きいアクティブ素子が形成された基板側の配向膜の最大傾斜角が液晶分子の螺旋軸と液晶分子のダイレクタの成す角度（コーンアングル）よりも小さく形成されている。従って、配向膜表面の傾きによる配向の乱れを液晶分子1層分の1つの螺旋構造の歪みで吸収することができる。従って、配向の乱れが広い範囲に波及することがなく、比較的狭い範囲に限定される。従って、配向の乱れが少ない液晶素子を提供できる。

【0010】

【実施例】以下、この発明の実施例にかかる液晶表示素子を図面を参照して説明する。

（第1実施例）まず、この発明の第1実施例にかかるカラー液晶表示素子全体の構成を図1、図2、図3を参照して説明する。図1は第1実施例の液晶表示素子の全体断面図、図2は画素電極と薄膜トランジスタを形成した透明基板（TFT基板）の平面図、図3はTFT基板の拡大断面図である。

【0011】この液晶表示素子は、アクティブマトリクス方式のものであり、図1に示すように、対向して配置された一対の透明基板（例えば、ガラス基板）11、12と、透明基板11と12の間に配置された液晶23とより構成される液晶セル27と液晶27を挟んで配置された偏光板25、26と、から構成される。

【0012】図1、図2に示すように、透明基板（TFT基板）11にはITO等の透明導電材料からなる画素電極13と画素電極13に接続されたTFT（薄膜トランジスタ）14とがマトリクス状に配列形成されている。画素電極13の行間にゲートライン15が配線され、画素電極13の列間にデータライン16が配線されている。各TFT14のゲート電極は対応するゲートライン15に接続され、ドレイン電極は対応するデータライン16に接続され、ソース電極は対応する画素電極13に接続されている。

【0013】図3に拡大して示すように、TFT14は、TFT基板11の上に形成されたゲート電極33と、ゲート電極33の上に形成されたゲート絶縁膜34と、ゲート絶縁膜34上に形成され、例えば、アモルフ

4

アス（或いはポリ）シリコン等からなるi型（真性）半導体層35と、i型半導体層35のチャネル領域をエッチングから保護するためのブロック層36と、n型高濃度層からなるオーミックコンタクト層37と、オーミックコンタクト層37を介してi型半導体層35に接続されたソース電極SEとドレイン電極DEとより構成される。

【0014】画素電極13はゲート絶縁膜34の上に形成され、対応するTFT14のソース電極SEに接続されている。ゲートライン15はゲート電極33と一体にTFT基板11上に形成される。データライン16はドレイン電極DEと一体にゲート絶縁膜34上に形成されている。

【0015】画素電極13、TFT14、ゲートライン15、データライン16等の上には、シリコン酸化膜（SiO₂）等からなる平坦化膜17が形成されている。平坦化膜17は、例えば、TFT14の高さ（300～900nm）の2倍程度の高さを有し、その表面はTFT14の形状に対応する凸凹が形成されている。平坦化膜17の上には、ポリイミド等からなる第1の配向膜18が形成され、その表面には、ラビング処理等の配向処理が施されている。第1の配向膜18の表面の後述する液晶23の液晶分子の螺旋軸（又はTFT基板11の内面）に対する最大傾斜角 ϕ は、液晶23の螺旋軸と液晶分子の角度（コーン角） θ 以下に形成されている。この条件を満足するように、平坦化膜17および第1の配向膜18の厚さが設定されている。

【0016】図1に示すように、透明基板（対向基板）12の内面には、各画素電極13と対向する透明な対向電極20が形成されている。対向電極20の上には、第2の配向膜21が形成されている。第2の配向膜21の表面にも配向処理が施されている。

【0017】TFT基板11と対向基板12は、その外周縁部において枠状のシール材22を介して接着されている。TFT基板11と対向基板12の間隔（より正確には、第1の配向膜18と第2の配向膜21の間隔＝液晶層厚d）は、ギャップ材24により一定値に保持される。

【0018】TFT基板11、対向基板12、シール材22で囲まれた領域には液晶23が封入されている。液晶23は、カイラルスメクティックC相の螺旋ピッチがセルギャップより小さく、螺旋構造を有した状態で液晶セル内に封止され、カイラルスメクティックC相の螺旋構造が印加電圧により歪む性質を有するDHF（Deformed Helix Ferroelectric）液晶から構成される。

【0019】DHF（Deformed Helical Ferroelectric）液晶の分子は、図4に模式的に示すように、スメクティック相の有する層構造の層毎に液晶分子の長軸方向（ダイレクタ）が一定角度ずつ回転していき、全体として螺旋構造を形成する。この螺旋構造は、固定的なもの

(4)

5

ではなく、外部から印加される電界、磁界、接触面の傾き等に応じて、適宜歪んだ状態で配向を維持しうる。

【0020】そこで、上述のように、液晶分子の螺旋軸に対する第1の配向膜18の表面の最大傾斜角（傾き角） ϕ を液晶分子の螺旋軸に対する角度（コーンアングル） θ 以下とすれば、図5に模式的に示すように、第1の配向膜18の表面の傾きによる配向の乱れを液晶分子が描く1つの螺旋の歪みで抑えることができ、配向の乱れが広い領域に波及する事態を防止できる。

【0021】図3に示す構成の場合、第1の配向膜18の表面を完全に平坦化する必要がないので、平坦化膜17及び第1の配向膜18の厚さを従来と比較して薄くすることができ、液晶表示素子の特性を向上することができる。

【0022】液晶分子と螺旋軸のなす角（コーンアングル） θ は、DHF液晶の材質等により異なり、一般に、 $27 \sim 45^\circ$ である。このため、使用するDHF液晶の材質に応じて第1の配向膜18の表面の最大傾斜角 ϕ が θ 以下となるように、平坦化膜17および第1の配向膜18の厚さ等を調整する。

【0023】次に、上記構成の液晶表示素子の製造方法を図3を参照して説明する。初めに、TFT基板11側の製造工程を説明する。まず、ガラス等からなるTFT基板11の全面に厚さ50nm～100nm程度のクロム、アルミニウム等の金属膜をスパッタリング等により形成し、この金属膜をフォトリソグラフィ法等を用いてパターンニングしてゲート電極33とゲートライン15を形成する。

【0024】TFT基板11の全面に厚さ200nm～400nmのシリコン窒化膜（SiN）等からなるゲート絶縁膜34をCVD等により形成する。このゲート絶縁膜34は全てのTFT14に共通に形成される。ゲート絶縁膜34上にi型（真性）半導体層（例えば、真性アモルファスシリコン層或いは真性ポリシリコン層）35をCVD等により堆積し、これを各TFT14の素子形状にパターンニングする。

【0025】TFT基板11全面に厚さ100nm～200nmのシリコン窒化膜（SiN）を形成し、これをパターンニングして、i型半導体層35のチャネル領域をエッチングから保護するためのブロッキング層36を形成する。TFT基板11全面にn型高濃度シリコン層を形成し、これをパターンニングしてオーミックコンタクト層37を形成する。

【0026】ITO等の透明導電膜をスパッタリング等により形成し、これをパターンニングしてオーミックコンタクト層37に接続された画素電極13を形成する。TFT基板11全面に厚さ30nm～70nmのクロム層38と150nm～250nmのアルミニウム層39を順次スパッタリング等により堆積する。クロム層38とアルミニウム層39をパターンニングして、画素電極13

6

とオーミックコンタクト相37に接続されたソース電極SE、ドレイン電極DE、ドレイン電極DEと一体に形成されたドレインライン16を形成する。

【0027】次に、スピコートなどを用いて、Si(OH)₄溶液等をTFT基板11全面に塗布し、加熱してSiO₂からなる平坦化膜17を形成する。CVD、スパッタリング等と異なり、スピコート法を用いてある程度の層厚を確保することにより、表面が比較的なだらかな平坦化膜17を形成できる。平坦化膜17の表面は完全に平坦である必要はなく、後で形成される第1の配向膜18の表面の最大傾斜角 ϕ が液晶分子の螺旋軸（又はTFT基板11の表面）に対する角度（コーンアングル） θ 以下となる程度に選定する。

【0028】次に、平坦化膜17の上に芳香族系ポリアミク酸等の溶液をスピコート等を用いて塗布し、100～350℃で加熱して、ポリイミド系高分子被膜を形成する。形成されたポリイミド系高分子被膜にラビング等の配向処理を施し、凸凹を有し、表面の最大傾斜角 ϕ がコーンアングル θ 以下である第1の配向膜18を完成する。

【0029】一方、対向基板12については、ITO等の透明導電層を堆積してパターンニングして対向電極20を形成し、次に、対向電極20上に第2の配向膜21を形成し、これにラビング等の配向処理を施す。

【0030】その後、両基板11、12をシール材22、スペーサ24を介して接合し、基板11と12の間に真空注入法等を用いて液晶23を注入することにより液晶セル27を形成する。

【0031】（第2実施例）図3に示す構成においては、画素電極13の上に平坦化膜17が形成されており、画素電極13と液晶23との間隔が広いと、平坦化膜17での電圧降下が大きくなり、駆動電圧が高くなってしまふ。

【0032】そこで、例えば図6に示すように、平坦化膜17の上に画素電極13を形成することにより、平坦化膜17での電圧降下を除去し、駆動電圧を低くすることができる。画素電極13は、平坦化膜17に形成されたコンタクトホール41を介してTFT14のソース電極SEに接続され、平坦化膜17と画素電極13上に第1の配向膜18が形成される。

【0033】（第3実施例）図3及び図6に示す構成においては、平坦化膜は1層構造であったが、第1の配向膜18の表面をより平坦化するために、平坦化膜17を多層構造としてもよい。

【0034】例えば、図7に示すように、ソース電極SEとほぼ等しい厚さの第1の平坦化膜17Aを形成し、この上に画素電極13を形成し、さらに、それらの上に表面がほぼ平坦な第2の平坦化膜17Bを形成し、第2の平坦化膜17Bの上に第1の配向膜18を形成してもよい。このような構成によれば、第1の平坦化膜17A

(5)

7

によりTFT14間の領域がほぼ埋められているので、第2の平坦化膜17Bが比較的薄くても、その表面を平坦化することができる。また、図3の構成に比較して、画素電極13と液晶23の間隔を狭くし、駆動電圧を低くすることができる。

【0035】なお、図7に示す構成は、例えば、ソース電極SEとドレイン電極DEとデータライン16とを形成した後で、それらのパターンニングマスクを残存したまま第1の平坦化膜17Aをスピコートし、その後、パターンニングマスクとその上の第1の平坦化膜17Aを除去し、次に、第2の平坦化膜17Bをスピコートし、その後、第1の配向膜18を形成することにより、形成可能である。

【0036】また、図8に示すように、第1の平坦化膜17Aの上に画素電極13を形成し、さらに、それらの上に第2の平坦化膜17Bを形成し、その上に第1の配向膜18を形成してもよい。

【0037】(第4実施例) 次に、第1の配向膜18の表面の最大傾斜角 ϕ をコーンアングル θ 以下に抑えるのに適した構造の画素電極13及びTFT14を図9を参照して説明する。

【0038】この実施例の画素電極13とTFT14との基本構造は、図3に示す第1実施例の構成とほぼ同一である。しかし、画素電極13とTFT14を形成する各層の端部にテーパが形成されている点が図3に示す構成と異なる。

【0039】即ち、透明基板11の上には、ゲート電極33とゲートライン15が形成されているが、これらの端部はテーパエッチングによりテーパが形成されている。ゲート絶縁膜34上に形成されたi半導体層35の端部もテーパエッチングされている。さらに、ソース電極SEとドレイン電極DE及びデータライン16の端部もテーパエッチングされている。また、画素電極13の端部もテーパエッチングされている。このため、この実施例の画素電極13及びTFT14は段差部を有するが、段差部の傾きは上述の実施例の画素電極13及びTFT14に比較してなだらかなものとなる。

【0040】このため、比較的薄い、例えば、600nm程度の厚さの平坦化膜17を形成した場合でも、第1の配向膜18の表面の最大傾斜角 ϕ を液晶23のコーン角 θ 以下にすることができる。

【0041】なお、クロム(Cr)をテーパエッチングする場合には、例えば、硝酸セリウムアンモニウムと過塩素酸と水との混合溶液をエッチャントとして使用し、アルミニウム(Al)をテーパエッチングする場合には、例えば、リン酸と比較的高い濃度の硝酸と水との混合溶液をエッチャントとして使用し、ITOをテーパエッチングする場合には、例えば、塩酸と水と必要に応じて硝酸との混合溶液をエッチャントとして使用すればよい。

8

【0042】また、シリコンナイトライド(SiN)、アモルファスシリコン、或いはポリシリコン層等をテーパエッチングするためには、CF₄又はSF₆のエッチングガスに酸素を添加し、酸素によりレジストを後退させながらドライエッチングを行えばよい。

【0043】上記実施例においては、チャネルブロッキング層を有するボトムゲート型のTFTを例にこの発明を説明したが、他の構成のTFTを採用してもよい。例えば、図10の構成では、チャネルエッチ型のTFT14を用いている。チャネルエッチ型のTFT14では、チャネルブロッキング層を形成しない分だけ、TFT14の高さを低くすることができ、第1の配向膜18の表面を平坦化し易くなる。図10の構成においても、画素電極13及びTFT14を形成する各層の端部をテーパエッチングし、第1の配向膜18の最大傾斜角 ϕ を液晶23のコーン角 θ より小さくすることが望ましい。

【0044】また、第1の配向膜18をある程度厚くし、図10に示すように、平坦化膜17を用いずに最大傾斜角 ϕ を θ 以下に設定してもよい。

【0045】上記実施例では、液晶23としてDHF液晶を使用する場合を例にこの発明を説明したが、液晶23はDHF液晶に限定されず、螺旋構造維持したまま透明基板11と12の間に配置される任意のカイラルスメクテック相の液晶を使用でき、例えば、SBF液晶、強誘電相と反強誘電相を有する反強誘電性液晶等も使用可能である。

【0046】上記実施例では、TFTをアクティブ素子として用いたが、MIM(Metal Insulator Metal)等をアクティブ素子として使用してもよい。その他、この発明は上記実施例に限定されず、種々の変形、応用が可能である。

【0047】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、配向膜表面の凸凹による配向の乱れの少ない液晶表示素子を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1実施例にかかる液晶表示素子の断面図である。

【図2】画素電極と薄膜トランジスタを形成した透明基板の平面図である。

【図3】この発明の第1実施例にかかるTFT基板の拡大断面図である。

【図4】DHF液晶の配向状態を模式的に示す図である。

【図5】配向膜に傾きが存在する場合におけるDHF液晶の配向状態を模式的に示す図である。

【図6】この発明の第2実施例にかかるTFT基板の拡大断面図である。

【図7】この発明の第3実施例の第1の例にかかるTFT基板の拡大断面図である。

(6)

9

【図8】この発明の第3実施例の第2の例にかかるTFT基板の拡大断面図である。

【図9】この発明の第4実施例にかかるTFT基板の拡大断面図であり、この発明に好適なTFTの構造を説明する図である。

【図10】図9に示すTFTの変形例を示す図である。

【図11】従来の液晶表示素子の断面図である。

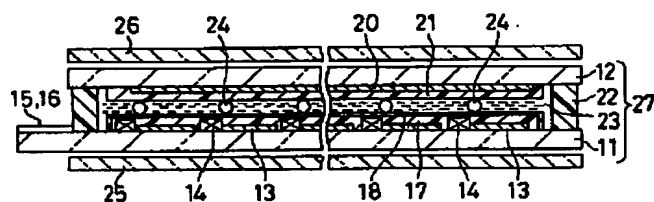
【符号の説明】

11…TFT基板、12…対向基板、13…画素電

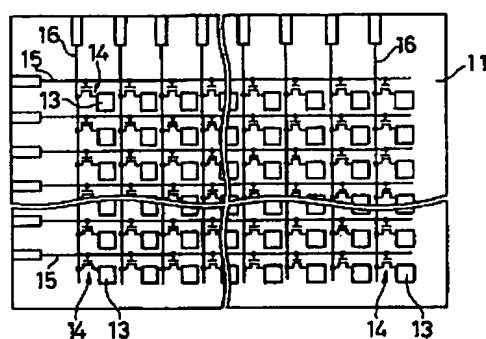
10

極、14…TFT（薄膜トランジスタ）、15…ゲートライン、16…データライン、17…平坦化膜、18…配向膜、20…対向電極、21…配向膜、22…シール材、23…液晶、24…ギャップ材、25…偏光板、26…偏光板、27…液晶セル、33…ゲート電極、34…ゲート絶縁膜、35…i型半導体層、36…ブロッキング層、37…オーミックコンタクト層、38…クロム層、39…アルミニウム層、SE…ソース電極、DE…ドレイン電極

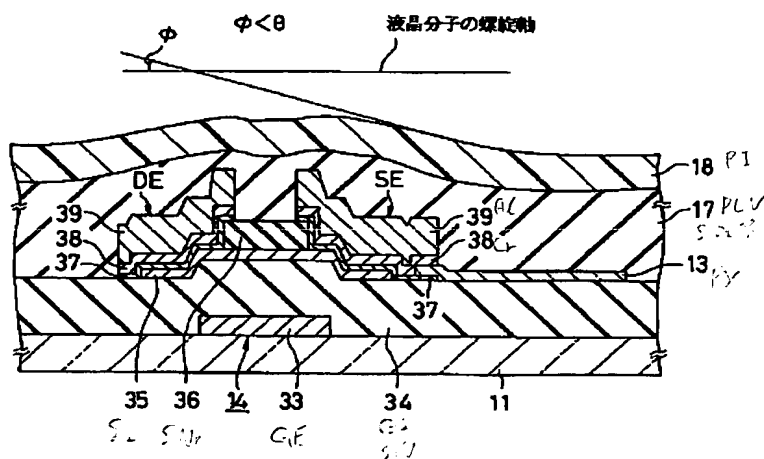
【図1】



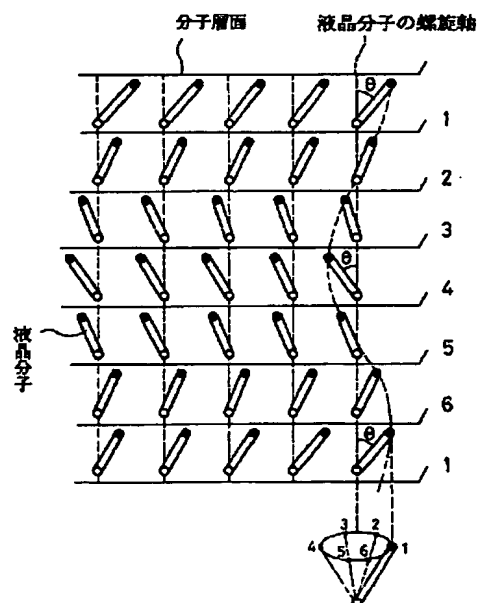
【図2】



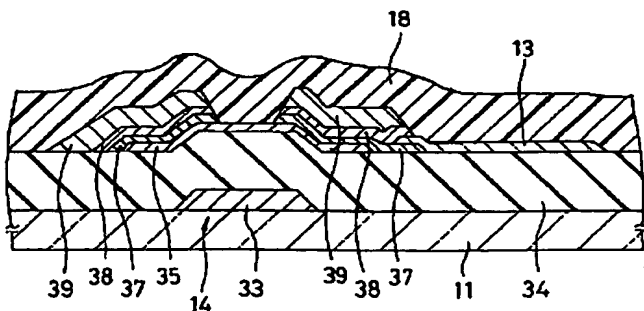
【図3】



【図4】

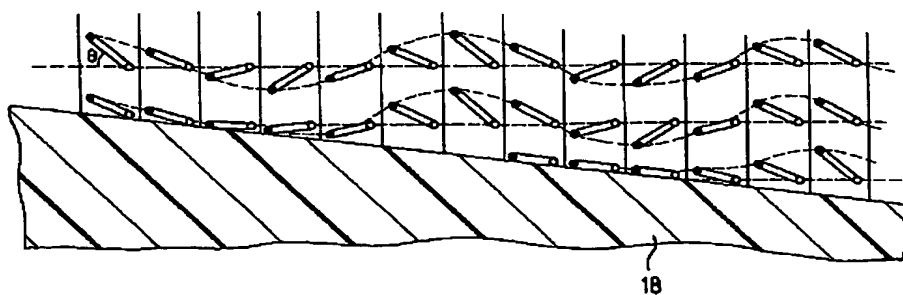


【図10】

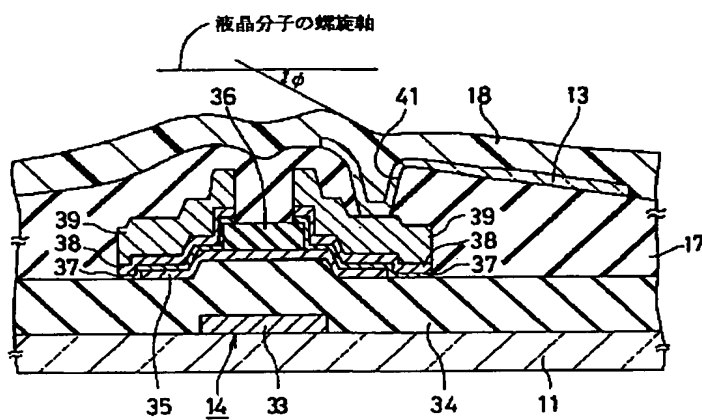


(7)

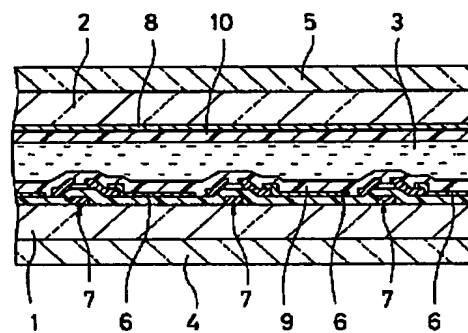
【図5】



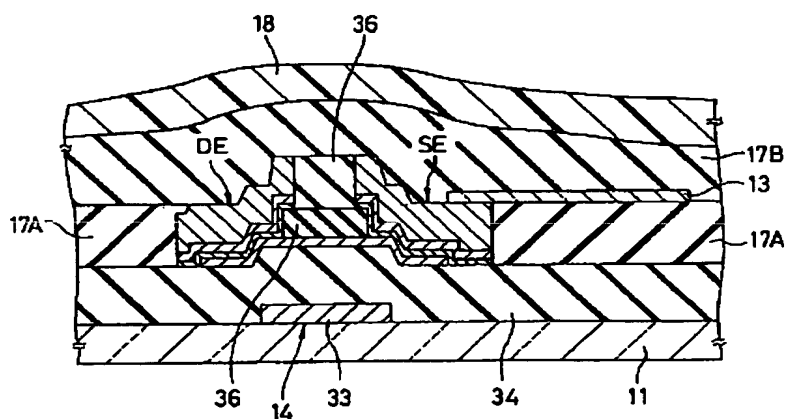
【図6】



【図11】

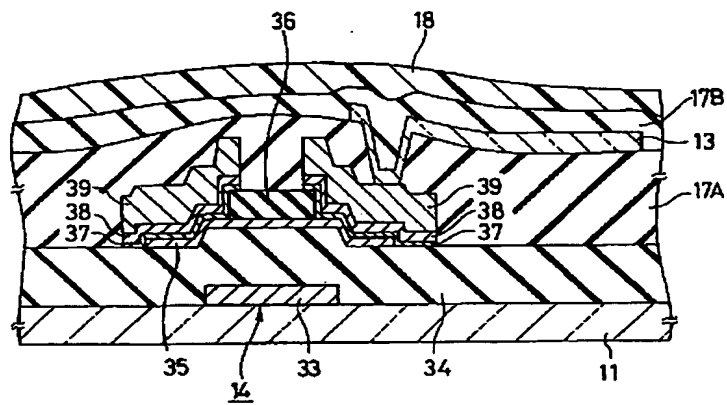


【図7】

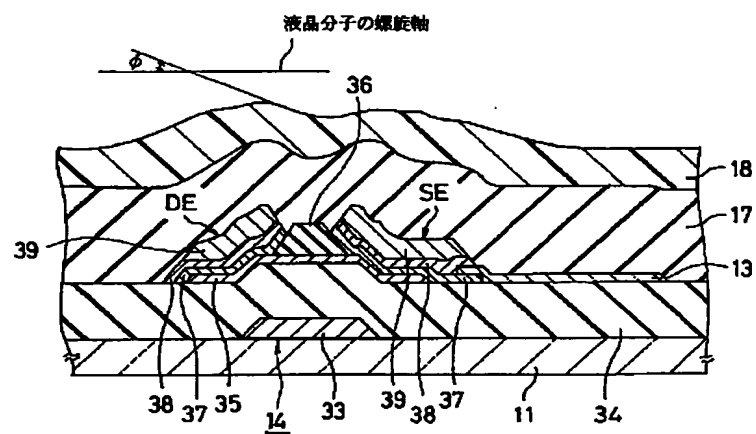


(8)

【図 8】



【図 9】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-095063

(43)Date of publication of application : 12.04.1996

(51)Int.Cl.

G02F 1/1337

G02F 1/136

(21)Application number : 06-256073

(71)Applicant : CASIO COMPUT CO LTD

(22)Date of filing : 27.09.1994

(72)Inventor : SHIMOMAKI SHINICHI
SAKAMOTO KATSUTO
YOSHIDA TETSUSHI

(54) LIQUID CRYSTAL DISPLAY ELEMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a liquid crystal display element which can orient liquid crystal in a favorable state with little turbulence.

CONSTITUTION: A liquid crystal display element is formed out of a TFT substrate 11, TFT 14 arranged on the TFT substrate 11 matrix-likely, a picture element electrode 13, a flattening film 18 formed on the active element, an orientation film 18 formed on the flattening film 12, a counter substrate 12, a counter electrode 20 formed on the opposite substrate 12, an orientation film 21 formed on the counter electrode 20, and liquid crystal 23 having spiral construction and being enclosed. The maximum inclination (ϕ) of the surface due to the recessed and projecting part of the surface of the orientation film 18 is formed smaller than the cone angle (θ) of the spiral construction of liquid crystal molecules.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 29.03.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 19.06.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The orientation film which the electrode was formed in each, was formed on the electrode of the substrate of the pair arranged face to face, and the substrate of said pair, and was formed in the front face by having unevenness, It has the liquid crystal of the chiral smectic phase by which the closure was carried out between said orientation film, has spiral structure and the closure was carried out between said orientation film. Said orientation film The liquid crystal display component characterized by what is formed so that the surface maximum angle of inclination to the shaft of the spiral of said spiral structure may change smaller than the include angle which the shaft of said spiral and the director of a liquid crystal molecule accomplish.

[Claim 2] The 1st substrate and the active component arranged in the shape of a matrix at said 1st substrate, The flattening film with which it was formed on the pixel electrode connected to said corresponding active component, and said active component and said pixel electrode, and the unevenness according to said active component was formed in the front face, The 1st orientation film with which it was formed on said flattening film, and the unevenness according to unevenness of the front face of said flattening film was formed in the front face, The 2nd substrate which countered said 1st substrate and has been arranged, and the counterelectrode which is formed in the field which counters said 1st substrate of said 2nd substrate, and counters said pixel electrode, Between the 2nd orientation film formed on said counterelectrode, and said 1st and 2nd orientation film the liquid crystal enclosed by having spiral structure -- ** -- the liquid crystal display component characterized by what it is formed more and the maximum angle of inclination of this front face by unevenness of the front face of said 1st orientation film is formed for smaller than the include angle which the shaft of the spiral of said spiral structure and the director of a liquid crystal molecule accomplish.

[Claim 3] It is the liquid crystal display component according to claim 2 to which the laminating of two or more layers is carried out, said active component is formed, and at least one of said two or more of the layers is characterized by carrying out taper etching of the edge.

[Claim 4] Said liquid crystal is a liquid crystal display component according to claim 1, 2, or 3 characterized by consisting of liquid crystal ingredients which have the ferroelectricity to which the spiral structure of the liquid crystal molecule of a chiral smectic phase is distorted according to impression of an electrical potential difference.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] About a liquid crystal display component, especially this invention has little turbulence of orientation, and manufacture is related with an easy active matrix liquid crystal display device.

[0002]

[Description of the Prior Art] Drawing 11 shows a part of ferroelectric liquid crystal display device of the conventional active matrix. This liquid crystal display component is constituted more with the ferroelectric liquid crystal 3 by which the closure was carried out between the TFT substrate 1, the opposite substrate 2 which countered the TFT substrate 1 and has been arranged, and the TFT substrate 1 and the opposite substrate 2, and the polarizing plates 4 and 5 arranged on both sides of these so that it may illustrate.

[0003] The pixel electrode 6 and TFT (thin film transistor) 7 are arranged in the shape of a matrix by the TFT substrate 1, and are formed in it. The pixel electrode 6 and the counterelectrode 8 which counters are formed in the opposite substrate 2.

[0004] The orientation film 9 and 10 is formed in the TFT substrate 1 and the opposite substrate 2, respectively, and orientation processing of rubbing etc. is performed to the opposed face of the orientation film 9 and 10. As compared with TN liquid crystal display component usually used, such a ferroelectric liquid crystal display device of a configuration has high-speed responsibility, and has the description that an angle of visibility is large.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the configuration of drawing 11, since TFT 7 is thick, the heights corresponding to TFT 7 are formed in the field which touches the ferroelectric liquid crystal 3 of the orientation film 9. Orientation of the liquid crystal molecule of the ferroelectric liquid crystal near the heights is carried out on the basis of the front face of this convex orientation film 9. For this reason, the orientation condition of a ferroelectric liquid crystal 3 will be confused [near the heights]. The turbulence of the orientation near heights also affects the orientation of the liquid crystal of the perimeter. For this reason, a defect is made to the oriented structure of a ferroelectric liquid crystal 3, and this becomes display unevenness and the cause of a contrast fall. Especially, in the case of a ferroelectric liquid crystal, liquid crystal has the layer structure of a smectic phase, and there is a possibility of a defect arising in the layer structure itself and becoming display unevenness and the cause of a contrast fall by turbulence of orientation.

[0006] In order to solve such a problem, forming the film (flattening film) for carrying out flattening of the interface of the orientation film 9 and a ferroelectric liquid crystal 3 between TFT 7 and the pixel electrode 6, and the orientation film 9 is also performed. However, since the unevenness according to the configuration of TFT 7 arises on the flattening film itself, in order to make the front face of the orientation film 9 almost flat, the very thick flattening film will be needed. Moreover, since the thick flattening film is formed on the pixel electrode 6, spacing of the pixel electrode 6 and a ferroelectric liquid crystal 3 becomes large, by the voltage drop in the flattening film, the electrical potential difference impressed to a ferroelectric liquid crystal 3 will become small relatively, and driver voltage will become high.

[0007] This invention was made in view of the above-mentioned actual condition, and aims at offering the liquid crystal display component which can change the orientation of the ferroelectric liquid crystal into a good condition with little turbulence. Moreover, this invention aims at offering the liquid crystal display component which can drive liquid crystal by the low battery.

[0008]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, the liquid crystal display component of this invention The 1st substrate and the active component arranged in the shape of a matrix at said 1st substrate, The flattening film with which it was formed on the pixel electrode connected to said corresponding active component, and said active component and said pixel electrode, and the unevenness according to said active component was formed in the front face, The 1st orientation film with which it was formed on said flattening film, and the unevenness according to unevenness of the front face of said flattening film was formed in the front face, The 2nd substrate which countered said 1st substrate and has been arranged, and the counterelectrode which is formed in the field which counters said 1st substrate of said 2nd substrate, and counters said pixel electrode, Between the 2nd orientation film formed on said counterelectrode, and said 1st and 2nd orientation film the liquid crystal enclosed by having spiral structure — ** — it is formed more and the maximum angle of inclination of this front face by unevenness of the front face of said 1st orientation film is characterized by what is formed smaller than the include angle which the shaft of the spiral of said spiral structure and the director of a liquid crystal molecule accomplish.

[0009]

[Function] According to the configuration of this invention, in the liquid crystal display component whose liquid crystal is the smectic phase which maintained spiral structure, the maximum angle of inclination of the orientation film by the side of the substrate with which the uneven large active component was formed is formed smaller than

the include angle (cone angle type) which the screw axis of a liquid crystal molecule and the director of a liquid crystal molecule accomplish. Therefore, turbulence of the orientation by the inclination of an orientation film front face is absorbable by distortion of one spiral structure for one layer of liquid crystal molecules. Therefore, turbulence of orientation does not affect the large range and it is limited to the comparatively narrow range. Therefore, a liquid crystal device with little turbulence of orientation can be offered.

[0010]

[Example] Hereafter, the liquid crystal display component concerning the example of this invention is explained with reference to a drawing.

(The 1st example) The configuration of the whole electrochromatic display device concerning the 1st example of this invention is first explained with reference to drawing 1, drawing 2, and drawing 3. The top view of a transparence substrate (TFT substrate) in which drawing 1 formed the whole liquid crystal display component sectional view of the 1st example in, and drawing 2 formed the pixel electrode and the thin film transistor, and drawing 3 are the expanded sectional views of a TFT substrate.

[0011] the liquid crystal cell 27 which consists of liquid crystal 23 arranged between the transparence substrates (for example, glass substrate) 11 and 12 of the pair arranged face to face, and the transparence substrates 11 and 12 as this liquid crystal display component is the thing of an active matrix and is shown in drawing 1, and the polarizing plates 25 and 26 arranged on both sides of liquid crystal 27 — since — it is constituted.

[0012] As shown in drawing 1 and drawing 2, array formation of TFT (thin film transistor)14 connected to the pixel electrode 13 which becomes the transparence substrate (TFT substrate) 11 from transparence electrical conducting materials, such as ITO, and the pixel electrode 13 is carried out at the shape of a matrix. The gate line 15 is wired by the spacing of the pixel electrode 13, and the data line 16 is wired between the trains of the pixel electrode 13. Each gate electrode of TFT14 is connected to the corresponding gate line 15, a drain electrode is connected to the corresponding data line 16, and the source electrode is connected to the corresponding pixel electrode 13.

[0013] The gate electrode 33 with which TFT14 was formed on the TFT substrate 11 so that it might expand to drawing 3 and might be shown, i mold (genuineness) semi-conductor layer 35 which is formed on the gate dielectric film 34 formed on the gate electrode 33, and gate dielectric film 34, for example, consists of amorphous (or Pori) silicon etc., The blocking layer 36 for protecting the channel field of the i-type semiconductor layer 35 from etching, It consists of the source electrodes SE and the drain electrodes DE which were connected to the i-type semiconductor layer 35 through the ohmic contact layer 37 which consists of an n mold high concentration layer, and the ohmic contact layer 37.

[0014] The pixel electrode 13 is formed on gate dielectric film 34, and is connected to the corresponding source electrode SE of TFT14. The gate line 15 is formed on the TFT substrate 11 at the gate electrode 33 and one. The data line 16 is formed on gate dielectric film 34 at the drain electrode DE and one.

[0015] On the pixel electrode 13, TFT14, the gate line 15, and the data line 16 grade, the flattening film 17 which consists of silicon oxide (SiO₂) etc. is formed. The flattening film 17 has about 2 times [of the height (300–900nm) of TFT14] height, and the unevenness corresponding to the configuration of TFT14 in the front face is formed. On the flattening film 17, the 1st orientation film 18 which consists of polyimide etc. is formed, and orientation processing of rubbing processing etc. is performed to the front face. The maximum angle of inclination phi to the screw axis (or inside of the TFT substrate 11) of the liquid crystal molecule of the liquid crystal 23 which the front face of the 1st orientation film 18 mentions later is formed in the screw axis of liquid crystal 23, and below the include angle (cone angle) theta of a liquid crystal molecule. The thickness of the flattening film 17 and the 1st orientation film 18 is set up so that this condition may be satisfied.

[0016] As shown in drawing 1, each pixel electrode 13 and the transparent counterelectrode 20 which counters are formed in the inside of the transparence substrate (opposite substrate) 12. The 2nd orientation film 21 is formed on the counterelectrode 20. Orientation processing is performed also to the front face of the 2nd orientation film 21.

[0017] The TFT substrate 11 and the opposite substrate 12 are pasted up through the frame-like sealant 22 at the periphery edge. Spacing (in accuracy, it is the spacing = liquid crystal thickness d of the 1st orientation film 18 and the 2nd orientation film 21) of the TFT substrate 11 and the opposite substrate 12 is held by the gap material 24 at constant value.

[0018] Liquid crystal 23 is enclosed with the field surrounded by the TFT substrate 11, the opposite substrate 12, and the sealant 22. Liquid crystal 23 has the spiral pitch of a chiral smectic C phase smaller than a cel gap, and

the closure is carried out into a liquid crystal cell in the condition with spiral structure, and it consists of DHF (Deformed Helix Ferroelectric) liquid crystal which has the property in which the spiral structure of a chiral smectic C phase is distorted with applied voltage.

[0019] As the molecule of DHF (Deformed Helical Ferroelectric) liquid crystal is typically shown in drawing 4, for every layer of the layer structure which a smectic phase has, the direction of a major axis of a liquid crystal molecule (director) rotates the fixed include angle every, and forms spiral structure as a whole. This spiral structure is not fixed and orientation can be maintained in the condition of having been distorted suitably, according to the inclination of the electric field impressed from the outside, a field, and the contact surface etc.

[0020] Then, as the maximum angle of inclination (angle of inclination) ϕ of the front face of the 1st [to the screw axis of a liquid crystal molecule] orientation film 18 is typically shown in below the include angle (cone angle type) θ to the screw axis of a liquid crystal molecule, then drawing 5 as mentioned above, it can stop by distortion of one spiral with which a liquid crystal molecule draws turbulence of the orientation by the inclination of the front face of the 1st orientation film 18, and the situation where turbulence of orientation affects a large field can be prevented.

[0021] Since it is not necessary to carry out flattening of the front face of the 1st orientation film 18 completely in a configuration of being shown in drawing 3, thickness of the flattening film 17 and the 1st orientation film 18 can be made thin as compared with the former, and the property of a liquid crystal display component can be improved.

[0022] The angle (cone angle type) θ which a liquid crystal molecule and a screw axis make changes with quality of the materials of DHF liquid crystal etc., and, generally is 27–45 degrees. For this reason, the thickness of the flattening film 17 and the 1st orientation film 18 etc. is adjusted so that the maximum angle of inclination ϕ of the front face of the 1st orientation film 18 may become below θ according to the quality of the material of the DHF liquid crystal to be used.

[0023] Next, the manufacture approach of the liquid crystal display component of the above-mentioned configuration is explained with reference to drawing 3. The production process by the side of introduction and the TFT substrate 11 is explained. First, metal membranes, such as chromium with a thickness of 50nm – about 100nm and aluminum, are formed by sputtering etc. all over the TFT substrate 11 which consists of glass etc., patterning of this metal membrane is carried out using the photolithography method etc., and the gate electrode 33 and the gate line 15 are formed.

[0024] The gate dielectric film 34 which consists of a silicon nitride (SiN) with a thickness of 200nm – 400nm etc. all over the TFT substrate 11 is formed by CVD etc. This gate dielectric film 34 is formed common to all TFT(s)14. i mold (genuineness) semi-conductor layer (for example, an intrinsic amorphous silicon layer or an intrinsic polish recon layer) 35 is deposited by CVD etc. on gate dielectric film 34, and patterning of this is carried out to each component configuration of TFT14.

[0025] A silicon nitride (SiN) with a thickness of 100nm – 200nm is formed all over TFT substrate 11, patterning of this is carried out and the blocking layer 36 for protecting the channel field of the i-type semiconductor layer 35 from etching is formed. n mold high concentration silicon layer is formed all over TFT substrate 11, patterning of this is carried out and the ohmic contact layer 37 is formed.

[0026] Transparence electric conduction film, such as ITO, is formed by sputtering etc., and the pixel electrode 13 which carried out patterning of this and was connected to the ohmic contact layer 37 is formed. The chromium layer 38 with a thickness of 30nm – 70nm and the 150nm – 250nm aluminum layer 39 are deposited by sputtering etc. one by one all over TFT substrate 11. Patterning of the chromium layer 38 and the aluminum layer 39 is carried out, and the drain line 16 formed in the source electrode SE connected with the pixel electrode 13 at the ohmic contact phase 37, the drain electrode DE, the drain electrode DE, and one is formed.

[0027] Next, the flattening film 17 which applies Si-(OH)₄ solution etc. all over TFT substrate 11, heats it using a spin coater etc., and consists of SiO₂ is formed. Unlike CVD, sputtering, etc., the gently-sloping comparison flattening film [a front face] 17 can be formed by securing a certain amount of thickness using a spin coat method. The front face of the flattening film 17 does not need to be completely flat, and the maximum angle of inclination ϕ of the front face of the 1st orientation film 18 formed later selects it to extent which becomes below the include angle (cone angle type) θ to the screw axis (or front face of the TFT substrate 11) of a liquid crystal molecule.

[0028] Next, on the flattening film 17, a spin coater etc. is used, solutions, such as aromatic series system polyamic acid, are applied, it heats at 100–350 degrees C, and a polyimide system macromolecule coat is formed.

Orientation processing of rubbing etc. is performed to the formed polyimide system giant-molecule coat, it has unevenness, and the 1st orientation film 18 whose surface maximum angle of inclination ϕ is below the cone angle type θ is completed.

[0029] On the other hand, about the opposite substrate 12, patterning of the transperence conductive layers, such as ITO, is deposited and carried out, and a counterelectrode 20 is formed, next the 2nd orientation film 21 is formed on a counterelectrode 20, and orientation processing of rubbing etc. is performed to this.

[0030] Then, both the substrates 11 and 12 are joined through a sealant 22 and a spacer 24, and a liquid crystal cell 27 is formed by using the vacuum pouring-in method etc. and pouring in liquid crystal 23 among substrates 11 and 12.

[0031] (The 2nd example) In the configuration shown in drawing 3, the flattening film 17 is formed on the pixel electrode 13, since spacing of the pixel electrode 13 and liquid crystal 23 is large, the voltage drop in the flattening film 17 will become large, and driver voltage will become high.

[0032] As shown in drawing 6, by forming the pixel electrode 13 on the flattening film 17, the voltage drop in the flattening film 17 can be removed, and driver voltage can be made low there. The pixel electrode 13 is connected to the source electrode SE of TFT14 through the contact hole 41 formed in the flattening film 17, and the 1st orientation film 18 is formed on the flattening film 17 and the pixel electrode 13.

[0033] (The 3rd example) In the configuration shown in drawing 3 and drawing 6, although the flattening film was 1 layer structure, in order to carry out flattening of the front face of the 1st orientation film 18 more, it is good also considering the flattening film 17 as multilayer structure.

[0034] For example, as shown in drawing 7, 1st flattening film 17A of thickness almost equal to the source electrode SE is formed, the pixel electrode 13 is formed on this, further, 2nd flattening film 17B with an almost flat front face may be formed on them, and the 1st orientation film 18 may be formed on 2nd flattening film 17B. According to such a configuration, since the field between TFT(s)14 is mostly filled by 1st flattening film 17A, even if 2nd flattening film 17B is comparatively thin, flattening of the front face can be carried out. Moreover, as compared with the configuration of drawing 3, spacing of the pixel electrode 13 and liquid crystal 23 can be narrowed, and driver voltage can be made low.

[0035] The configuration shown in drawing 7 in addition, after forming the source electrode SE, the drain electrode DE, and a data line 16, [for example,] The spin coat of the 1st flattening film 17A is carried out remained those patterning masks. Then, it can form by removing a patterning mask and 1st flattening film 17A on it, next carrying out the spin coat of the 2nd flattening film 17B, and forming the 1st orientation film 18 after that.

[0036] Moreover, as shown in drawing 8, the pixel electrode 13 is formed on 1st flattening film 17A, further, 2nd flattening film 17B may be formed on them, and the 1st orientation film 18 may be formed on it.

[0037] (The 4th example) Next, the pixel electrode 13 of structure suitable for holding down the maximum angle of inclination ϕ of the front face of the 1st orientation film 18 to below the cone angle type θ and TFT14 are explained with reference to drawing 9.

[0038] The basic structure of the pixel electrode 13 of this example and TFT14 is almost the same as that of the configuration of the 1st example shown in drawing 3. However, it differs from the configuration shown in drawing 3 in that the taper is formed in the edge of each class which forms the pixel electrode 13 and TFT14.

[0039] Namely, although the gate electrode 33 and the gate line 15 are formed on the transperence substrate 11, as for these edges, the taper is formed of taper etching. Taper etching also of the edge of i semi-conductor layer 35 formed on gate dielectric film 34 is carried out. Furthermore, taper etching also of the edge of the source electrode SE, the drain electrode DE, and a data line 16 is carried out. Moreover, taper etching also of the edge of the pixel electrode 13 is carried out. For this reason, although the pixel electrode 13 of this example and TFT14 have the level difference section, the inclination of the level difference section will become gently-sloping as compared with the pixel electrode 13 of an above-mentioned example, and TFT14.

[0040] For this reason, it is comparatively thin, for example, even when the flattening film 17 with a thickness of about 600nm is formed, the maximum angle of inclination ϕ of the front face of the 1st orientation film 18 can be used below as the cone angle θ of liquid crystal 23.

[0041] In addition, what is necessary is just to use a mixed solution with a nitric acid as etchant a hydrochloric acid, water, and if needed, in using the mixed solution of for example, cerium-nitrate ammonium, perchloric acid, and water as etchant in carrying out taper etching of the chromium (Cr), using the mixed solution of a phosphoric acid, the nitric acid of comparatively high concentration, and water as etchant in carrying out taper etching of the aluminum (aluminum), and carrying out taper etching of the ITO.

[0042] Moreover, in order to carry out taper etching of silicon nitride (SiN), an amorphous silicon, or the polish recon layer, oxygen is added to the etching gas of CF₄ or SF₆, a resist is retreated by oxygen, and **** should just perform dry etching.

[0043] In the above-mentioned example, although this invention was explained to the example for TFT of a bottom gate mold which has a channel blocking layer, TFT of other configurations may be adopted. For example, TFT14 of a channel dirty mold is used with the configuration of drawing 10. In TFT14 of a channel dirty mold, only the part which does not form a channel blocking layer can make the height of TFT14 low, and becomes easy to carry out flattening of the front face of the 1st orientation film 18. Also in the configuration of drawing 10, it is desirable to carry out taper etching of the edge of each class which forms the pixel electrode 13 and TFT14, and to make the maximum angle of inclination phi of the 1st orientation film 18 smaller than the cone angle theta of liquid crystal 23.

[0044] Moreover, as the 1st orientation film 18 is made to some extent thick and shown in drawing 10, a maximum angle of inclination phi may be set below to theta, without using the flattening film 17.

[0045] The antiferroelectricity liquid crystal which can use the liquid crystal of the chiral smectic phase of the arbitration arranged among the transparence substrates 11 and 12 in the above-mentioned example, not limiting liquid crystal 23 to DHF liquid crystal, but carrying out spiral structure maintenance of the case where DHF liquid crystal is used as liquid crystal 23 although this invention was explained to the example, for example, has SBF liquid crystal, a ferroelectric phase, and an antiferroelectric phase is usable.

[0046] In the above-mentioned example, although TFT was used as an active component, MIM (Metal Insulator Metal) etc. may be used as an active component. In addition, this invention is not limited to the above-mentioned example, but various deformation and application are possible for it.

[0047]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, a liquid crystal display component [orientation / by unevenness of an orientation film front face] with little turbulence can be offered.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the sectional view of the liquid crystal display component concerning the 1st example of this invention.

[Drawing 2] It is the top view of a pixel electrode and the transparence substrate in which the thin film transistor was formed.

[Drawing 3] It is the expanded sectional view of the TFT substrate concerning the 1st example of this invention.

[Drawing 4] It is drawing showing the orientation condition of DHF liquid crystal typically.

[Drawing 5] It is drawing showing typically the orientation condition of the DHF liquid crystal in the case of existing an inclination on the orientation film.

[Drawing 6] It is the expanded sectional view of the TFT substrate concerning the 2nd example of this invention.

[Drawing 7] It is the expanded sectional view of the TFT substrate concerning the 1st example of the 3rd example of this invention.

[Drawing 8] It is the expanded sectional view of the TFT substrate concerning the 2nd example of the 3rd example of this invention.

[Drawing 9] It is the expanded sectional view of the TFT substrate concerning the 4th example of this invention,

and is drawing explaining the suitable structure of TFT for this invention.

[Drawing 10] It is drawing showing the modification of TFT shown in drawing 9 .

[Drawing 11] It is the sectional view of the conventional liquid crystal display component.

[Description of Notations]

11 ... A TFT substrate, 12 ... An opposite substrate, 13 ... Pixel electrode, 14 ... TFT (thin film transistor), 15 ... Gate line, 16 ... A data line, 17 ... The flattening film, 18 ... Orientation film, 20 [... Liquid crystal,] ... A counterelectrode, 21 ... The orientation film, 22 ... A sealant, 23 24 [... Liquid crystal cell,] ... Gap material, 25 ... A polarizing plate, 26 ... A polarizing plate, 27 33 [... A blocking layer, 37 / ... An ohmic contact layer, 38 / ... A chromium layer, 39 / ... An aluminum layer, SE / ... A source electrode, DE / ... Drain electrode] ... A gate electrode, 34 ... Gate dielectric film, 35 ... An i-type semiconductor layer, 36

[Translation done.]